

Zastosowanie systemowych analiz przestrzennych do rozpoznawania i charakterystyki właściwości gleb ornych w aspekcie melioracji w Polsce

Application of spatial system analysis for recognition and characterisation of arable soil properties in view of soil drainage in Poland

Janusz Ostrowski

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty

Słowa kluczowe: rolnicze bazy danych, komputerowa kartografia gleb, przetwarzanie danych glebowych, potrzeby melioracji, aeracja gleb

Keywords: agricultural data bases, computer soil cartography, soil data processing, needs of soils drainage, soils aeration

Wstęp

Produkcja rolnicza jest gałęzią gospodarki najbardziej związaną z warunkami przyrodniczymi, a obszar jej działania to rolnicza przestrzeń produkcyjna. Związane z nią potrzeby waloryzacyjne i charakterystyki przestrzenne są osiągalne, jeżeli rozwiązywane są w ujęciu systemowym opartym na modelowaniu przestrzennych ocen i zjawisk. Również kształtowanie warunków produkcyjnych rolnictwa wymaga rozwiązań przestrzennych, często ujętych w przedsięwzięcia inwestycyjne. Jako przykład przytoczyć można korektę i optymalizację warunków powietrzno-wodnych w glebach, w celu ich stabilizacji i ochrony gleb przed degradacją.

Zgodnie z procesem inwestycyjnym aplikację odwadniających urządzeń melioracyjnych poprzedza ocena potrzeb ich zastosowania, realizowana w sektorze projektowym w oparciu o ujęty w specjalne wytyczne system badania gleb w terenie i na podstawie ich budowy oraz cech morfologicznych, umożliwiającą określenie potrzeby drenowania (Ostrowski, Mazgajski, Wojtaś, 1971). Wynik tej oceny ma charakter jakościowy i tylko połowicznie rozwiązuje problem. Nie dostarcza bowiem danych jakościowych niezbędnych do kalibracji systemu melioracyjnego.

Poszukiwania odpowiednich parametrów i ich zastosowania do przestrzennej charakterystyki badanego zjawiska, pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, podjęły się w

ramach współpracy ówczesny Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach (obecnie Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, ITP) i Instytut Agrofizyki PAN (IA PAN) w Lublinie. W miarę rozwoju i dostępności narzędzi sprzyjających rozwiązaniom w badaniach przestrzennych, związanych z zastosowaniem techniki komputerowej, powstała możliwość nowego podejścia do realizacji tego zamierzenia, które zakończyło się sukcesem.

Celem pracy jest przedstawienie na przykładzie w jaki sposób, uwzględniając rozwój wiedzy, można stworzyć systemowe rozwiązanie z zastosowaniem narzędzi informatycznych do analiz przestrzennych, udzielając odpowiedzi na konkretne pytania wynikające z zapotrzebowania praktyki.

Merytoryczne rozwiązanie problemu w ujęciu systemowym

Przeprowadzone badania (np. Gliński i in., 1983; Stępniewska, 1988; Gliński i in., 1992) warunków powietrzno-wodnych w glebach wykazały, że nadmiar wody nie jest bezpośrednio przyczyną rolniczej wadliwości gleb. Przyczyna bezpośrednia to brak tlenu molekularnego w glebie niezbędny dla rozwoju uprawianych roślin i bioty glebowej, spowodowany ograniczeniem przez wodę dostępu tlenu (zawartego w powietrzu glebowym) dla środowiska glebowego.

Ograniczenie tego dostępu może być tolerowane tak długo na jaki okres wystarczą zapasy tlenu rozpuszczonego w roztworze glebowym. Po jego wyczerpaniu gleba traci odporność na niedotlenienie i powstają w niej warunki niekorzystne dla rozwoju roślin uprawnych oraz powodujące jej degradację.

Biorąc to stwierdzenie za podstawę merytoryczną sformułowano hipotezę oceny potrzeby melioracji gleb. Jeżeli nadmiar wody samoistnie odpłynie z gleby w okresie krótszym niż czas określający jej odporność na niedotlenienie, to charakteryzuje się ona optymalnymi warunkami powietrzno-wodnymi. Jeżeli czas uwolnienia się gleby od nadmiaru wody jest dłuższy, to wymaga ona interwencji melioracyjnej.

Na podstawie tych stwierdzeń powstały pytania o charakterze jednostkowym, przestrzennym i systemowym:

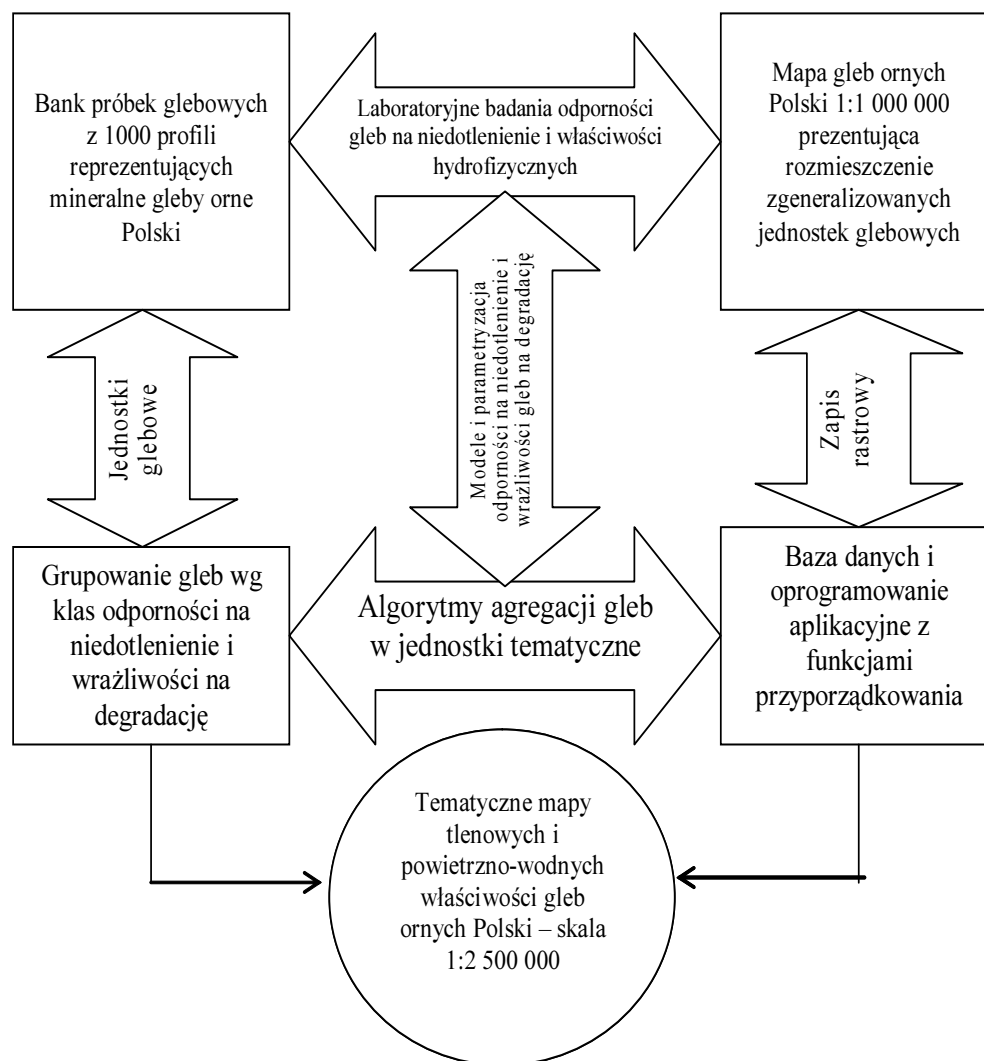
1. Czy rzeczywiście na podstawie tak postawionej hipotezy można charakteryzować poszczególne gleby i określać potrzeby ich melioracji?
2. Czy i w jaki sposób można uzyskać przestrzenną charakterystykę badanego zjawiska?
3. Jak należy zbudować system informacji do przestrzennego rozpoznania i kartograficznej wizualizacji rozpatrywanego zjawiska?

Dla odpowiedzi na pierwsze pytanie należało zebrać odpowiedni materiał badawczy, ustalić metody parametryzacji i przeprowadzić analizy gleb oraz dokonać ich jednostkowej charakterystyki. W tym celu w IA PAN i IMUZ opracowano metodę pobierania próbek gleb ornych Polski (Gliński i in., 1991), które następnie pobierali gleboznawcy z biur projektów melioracji. Serię próbek zgromadzono w banku próbek glebowych. Gleby zagregowano do 29 zgeneralizowanych (Gliński i in., 1991) jednostek glebowych, reprezentowanych przez uzasadnione statystycznie serie próbek. Dla zbadania zasadności postawionej hipotezy, w Instytucie Agrofizyki określono odporność gleb na niedotlenienie oraz zbadano fizyko-wodne właściwości gleb, wyliczając czas samonatlenienia się gleb niezbędny dla określenia potrzeb melioracji.

Rozwiązanie problemu wynikającego z pytania drugiego, wymagało pozyskania informacji o przestrzennym rozmieszczeniu badanych gleb. Odpowiednią mapę (analogową w od-

wzorowaniu Gausa-Krügera) gleb ornych w skali 1:1 000 000, w ujęciu zgeneralizowanym do 29 badanych jednostek glebowych, opracowali specjaliści z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach na podstawie zgeneralizowanej mapy glebowo-rolniczej (Witek, 1973).

Odpowiedzią na trzecie pytanie było ujęcie rozwiązywanego problemu w system łączący w jedną całość proces pozyskiwania geodanych oraz parametrów pozyskiwanych metodami laboratoryjnymi z modelowymi analizami przestrzennymi w celu uzyskania odpowiednich charakterystyk wizualnych na cyfrowych mapach tematycznych. Koncepcję budowy i zasady funkcjonowania takiego systemu ilustruje rysunek 1.



Rysunek 1. Koncepcyjny schemat utworzonego systemu geoinformacyjnego (Ostrowski, 2004)

Modelowanie zjawiska i przygotowanie geodanych

Określenie wrażliwości gleb na niedotlenienie, a tym samym na potrzebę ich melioracji, ujęto w proste rozwiązanie modelowe (Ostrowski i in., 2004) wyrażone następującym ilorazem:

$$D_{ho} = \frac{T_{ppw}}{t_{300}}$$

gdzie:

- D_{ho} – wskaźnik wrażliwości gleb na niedotlenienie (hydrooksygeniczną wrażliwość gleb),
- T_{ppw} – czas samonatlenienia się gleby w wyniku samoistnego odwodnienia porów napowietrzających glebę (stan połowej pojemności wodnej),
- t_{300} – czas dopuszczalnego niedotlenienia gleby spowodowanego zapelnieniem przez wodę porów powietrznych (odporność oksydoredukcyjna gleb).

Zgodnie z tym modelem stan krytyczny występuje wówczas, gdy $T_{ppw} > t_{300}$. Stopień wrażliwości gleby na niedotlenienie zależy od tego czy wyżej podany warunek dotyczy całego, czy też części profilu gleby. Jeżeli nie występuje wcale, to gleba nie jest wrażliwa na hydrooksygeniczną degradację i nie wymaga melioracji.

W pierwszym etapie rozwiązania problemu należało pozyskać dane jednostkowe, czyli wartości charakterystyczne parametrów t_{300} i T_{ppw} . Określenia wartości tych parametrów drogą eksperymentalną dokonano w IA PAN. Dla zbadania odporności oksydoredukcyjnej opracowano odpowiednią metodykę, według której zbadano próbki 1000 profili gleb (Stępniewska i in., 2004) i stosując testowanie statystyczne określono wartości t_{300} dla 29 jednostek glebowych. Wyznaczanie parametrów T_{ppw} wymagało określenia prędkości pionowego odcieku wody z gleby (współczynnika filtracji) oraz pojemności porów powietrznych (połowa pojemność wodna). W oparciu o te dwa parametry, stosując równania ruchu wody (De Wit, van Kenlenh, 1975) oraz krzywej retencji wodnej (Van Genuhten, Nielsen, 1985), zbudowano model i obliczono wartości T_{ppw} oraz D_{ho} grupując gleby w cztery klasy wrażliwości: niewrażliwe, mało wrażliwe, wrażliwe i bardzo wrażliwe (Ostrowski i in., 2004).

W drugim etapie pozyskano dane przestrzenne przez digitalizację wyżej wspomnianej mapy gleb ornych. W tym celu mapę zeskanowano, a następnie dokonano konwersji podanych w poszczególnych konturach symboli gleb na wypełnienia barwne, przypisując 29 skartowanym jednostkom glebowym oraz dodatkowym oznaczeniom (lasy, użytki zielone, tereny zabudowane, wody) odpowiednie numery barw z 256-kolorowej palety.

Baza danych glebowo-kartograficznych jako narzędzie analiz przestrzennych

Dla powiązania danych jednostkowych (atrybutów) z informacją o przestrzennym rozmieszczeniu gleb, w IMUZ (obecnie ITP) utworzono bazę danych glebowo-kartograficznych (Ostrowski, 1996). Jej podstawowym zasobem jest wyżej wymieniona bitmapa gleb ornych oraz oprogramowanie agregujące gleby według ujętych w algorytmach wartości lub ocen gleb i generujące odpowiednie mapy tematyczne.

Procedura agregowania jest realizowana według następującego algorytmu:

$$\langle J_{g1} \in O_n, J_{g2} \in O_n, \dots, J_{gm} \in O_n \rangle \in TJ_n$$

gdzie:

TJ_n – n -ta jednostka tematyczna,

O_n – n -ta ocena gleby,

J_{g1}, \dots, J_{gm} – jednostki glebowe należące do oceny n .

Powyższy algorytm przekształcono również w formę uwzględniającą przestrzenny aspekt agregacji. Z bazy danych glebowo-kartograficznych można uzyskać informację o obszarach występowania zgeneralizowanych jednostek glebowych zgodnie z zasadą, że:

$$S_{Jg} = \sum_1^i pK_{Jg}$$

gdzie:

S_{Jg} – powierzchnia jednostki glebowej,

pK_{Jg} – powierzchnie konturów tej jednostki,

i – liczba konturów tej jednostki.

Powyższą procedurę można również przedstawić w następującej postaci uwzględniającej przejście (poprzez agregację) z jednostek glebowych na jednostki tematyczne:

$$S_{Jg1} \in O_n + S_{Jg2} \in O_n + \dots + S_{Jgm} \in O_n = S_{TJn}$$

lub

$$\sum_{i=1}^m S_{Jgi} \in O_n = S_{TJn}$$

gdzie: S_{TJn} – powierzchnia jednostki tematycznej, reszta oznaczeń jak wyżej.

Realizując tę procedurę mamy do czynienia z dwoma rodzajami działań:

- 1) zmiana merytorycznej treści w konturach mapy bazowej,
- 2) tworzenie konturów o nowej treści przez agregację sąsiadujących ze sobą konturów mapy bazowej o wspólnej (po denominacji) treści tematycznej.

Uzyskany obraz mapy tematycznej jest następnie skalowany, lokalizowany geometrycznie na arkuszu A3 wraz z legendą i tytułem mapy i wizualizowany na ekranie monitora lub generowany w formie analogowej w skali 1:2 500 000, przyjęty ze względu na przestrzenną reprezentatywność parametrów użytych do jej sporządzenia oraz ze względów edycyjnych.

Tworzenie map tematycznych na podstawie mapy glebowej i jednostkowych ocen gleb realizowane jest za pomocą autorskiego programu GLEBY (Ostrowski, 1996). Po jego uruchomieniu pierwszą czynnością jest przyporządkowanie gleb do wyróżnionych jednostek tematycznych przez przydzielenie każdej glebie barwy wybranej z palety dla danej jednostki tematycznej, zgodnie z kolorystyczną koncepcją mapy. Kolejną czynnością to zmiana nazwy pliku wejściowego (jeśli jest to konieczne) oraz wprowadzenie nazwy pliku, do którego ma być zapisana wygenerowana mapa tematyczna.

Po wykonaniu tych czynności uruchamiane są procedury generowania mapy tematycznej. Bezpośrednio po jej wygenerowaniu i zapisaniu do pliku następuje automatyczne jej

wyświetlenie na ekranie monitora, poprzedzone informacją o rozpoczęciu tej fazy. Mapa może być wyświetlona na ekranie w całości. Możliwe jest również jej przeglądanie za pomocą pasków pionowego i poziomego przesuwania obrazu. Ostatnią czynnością jest druk mapy wynikowej.

Na poszczególnych etapach pozyskiwania wartości niezbędnych parametrów dokonywano kartograficznej wizualizacji ich przestrzennego rozmieszczenia, generując mapy i tabularyczne zestawienia uzyskanych wartości parametrów:

- odporności oksydoredukcyjnej gleb (Stępniewska i in., 1997),
- klasyfikacji odporności oksydoredukcyjnej gleb (Stępniewska i in., 2004),
- hydrofizycznych właściwości gleb zamieszczonych w monografii (Walczak i in., 2002),
- omawianej wyżej wynikowej mapy potencjalnej wrażliwości gleb ornych na hydrok-sygeniczną degradację (rys. 2).

Podsumowanie i wnioski

Baza danych glebowo-kartograficznych ma znacznie szersze możliwości charakteryzowania ocen i właściwości gleb ornych oraz generowania map tematycznych według przyjętej i zalgorytmowanej zasady przetwarzania danych (np. Stawiński i in., 2000, Ostrowski i in., 2008, Gliński i in., 2000).

Przedstawiona na rysunku 2 mapa jest nie tylko przykładem rozwiązania kartograficznego, lecz także potwierdzeniem słuszności postawienia merytorycznego problemu zawartego w hipotezie oraz skonstruowanej procedury przetwarzania. Dowodzi również, że bez kompleksowego podejścia systemowego i zastosowania narzędzia geoinformatycznego praktycznie nie byłoby możliwości zbadania i przestrzennej charakterystyki tego nierozpoznanego dotychczas zjawiska.

Przedstawiony materiał może być także przykładem i wskazówką postępowania w skutecznym rozwiązywaniu analogicznych problemów przestrzennych.

Literatura

- De Wit C.T., van Kanlenh, 1975: Simulation of transport processes in soils. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation: 100 s.
- Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Stępniewski W., 1991: Bank próbek glebowych reprezentujących gleby mineralne Polski. *Problemy Agrofizyki* nr 66: 61 s., Ossolineum.
- Gliński J., Stępniewska Z., Stępniewski W., Ostrowski J., Szmagara A., 2000: A contribution in arable mineral soils in Poland. *Journal of Water and Land Development*: 175-183, Pol. Acad. of Sci., Inst. for Land Recl. and Grass. Farm.
- Gliński J., Stępniewska Z., Stępniewski W., Ostrowski J., 1992: Znaczenie warunków tlenowych w programach melioracyjnych. *Problemy Agrofizyki* nr 67: 65-84, Ossolineum.
- Gliński J., Stępniewski W., Łabuda S., 1983: Pobieranie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla w środowisku glebowym. *Problemy Agrofizyki* nr 39: 72 s., Ossolineum.
- Ostrowski J., 2012: Wybrane zagadnienia kartografii gleb w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. Rozpr. nauk. i monogr. nr 33: 146 s. ITP, Falenty.
- Ostrowski J., 1996: Baza danych glebowo-kartograficznych budowa i przykład zastosowania. [W:] Systemy Informacji Przestrzennej. 6 Konf. N-T. Warszawa: PTIP: 471-480.
- Ostrowski J., Łabędzki L., Kowalik W., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Szamańska K., Tusiąski E., 2008: Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce. IMUZ. Falenty. 14 s.+32 mapy.

- Ostrowski J., Mazgajski J., Wojtaś Z., 1971: Zasady przeprowadzania badań gleb dla potrzeb wodnych melioracji. CBSiPWM Bipromel, Mat. Pomoc. nr 5/71: 32 s.
- Ostrowski J., Sławiński C., Walczak R., 2004: Ocena i kartograficzna prezentacja możliwości gleb ornych na hydrosygeniczną degradację. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* t. 4 z. 2a(1): 185-200.
- Stawiński J., Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Sokołowska Z., Bowanko G., Józefaciuk G., Matyka-Sarzyńska D., 2000: Przestrzenna charakterystyka powierzchni właściwej gleb ornych Polski. *Acta Agrophysica* nr 33: 48 s.+4 mapy. IA PAN.
- Stępniewska Z., 1988: Właściwości oksydoredukcyjne gleb ornych Polski. *Problemy Agrofizyki* nr 56: 124 s., Ossolineum.
- Stępniewska Z., Ostrowski J., Stępniewski W., Gliński J., 2004: Klasyfikacja odporności oksydoredukcyjnej gleb ornych Polski i ich przestrzenna charakterystyka. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* t. 4, z.2b(12): 125-133.
- Stępniewska Z., Stępniewski W., Gliński J., Ostrowski J., 1997: Atlas oksydoredukcyjnych właściwości gleb ornych w Polsce. IA PAN Lublin, IMUZ Falenty: 11 s.+33 mapy.
- Van Genuchten M., Nielsen D., 1985: On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. *Annales Geophysicae* 35: 615-628, EGU eu.
- Walczak R., Ostrowski J., Witkowska-Walczak B., Sławiński C., 2002: Hydrofizyczne charakterystyki mineralnych gleb ornych Polski. *Acta Agrophysica* nr 79. Rozprawy i monografie. IA PAN, 64 s.+32 mapy.
- Witek T., 1973: Mapy glebowo-rolnicze oraz kierunki ich wykorzystania. Ser. P (18): 73 s. IUNG Puławy.

Streszczenie

Zawarty w publikacji materiał ma na celu przedstawienie w jaki sposób można stworzyć systemowe rozwiązania udzielające odpowiedzi na konkretne pytania wynikające z zapotrzebowania praktyki na przykładzie wodnych melioracji.

W tym celu w IA PAN Lublin i IMUZ Falenty zbudowano system badań i prezentacji wyników składający się z trzech kompatybilnych członów:

- 1) przygotowania ogólnej koncepcji, zebrania materiału badawczego i przygotowania geodanych,
- 2) opracowania metody badań stacjonarnych (laboratoryjnych) w celu uzyskania parametrów niezbędnych do obliczeń modelowych identyfikujących badane zjawisko,
- 3) skonstruowania systemu informatycznego łączącego przetwarzanie danych jednostkowych (atributów) z geodanymi oraz generującego mapy wynikowe.

Postępowanie przedstawiono na przykładzie doskonalenia na naukowych podstawach oceny potrzeb wodnych melioracji gleb ornych w Polsce. W tym celu zebrano próbki gleb z 1000 reprezentacyjnych profili gleb ornych, wykonano w tych próbkach niezbędne analizy, wyliczono wartości parametrów do jednostkowej ewaluacji gleb, skonstruowano bazę danych glebowo-kartograficznych z cyfrową mapą gleb i oprogramowaniem agregującym gleby według modeli ich waloryzacji oraz generującym mapy wynikowe.

Abstract

The content of the paper aims at presentation of possible ways used to create the system solutions which support answering to questions, resulting from practical needs. Those issues are discussed using the example of water melioration issues.

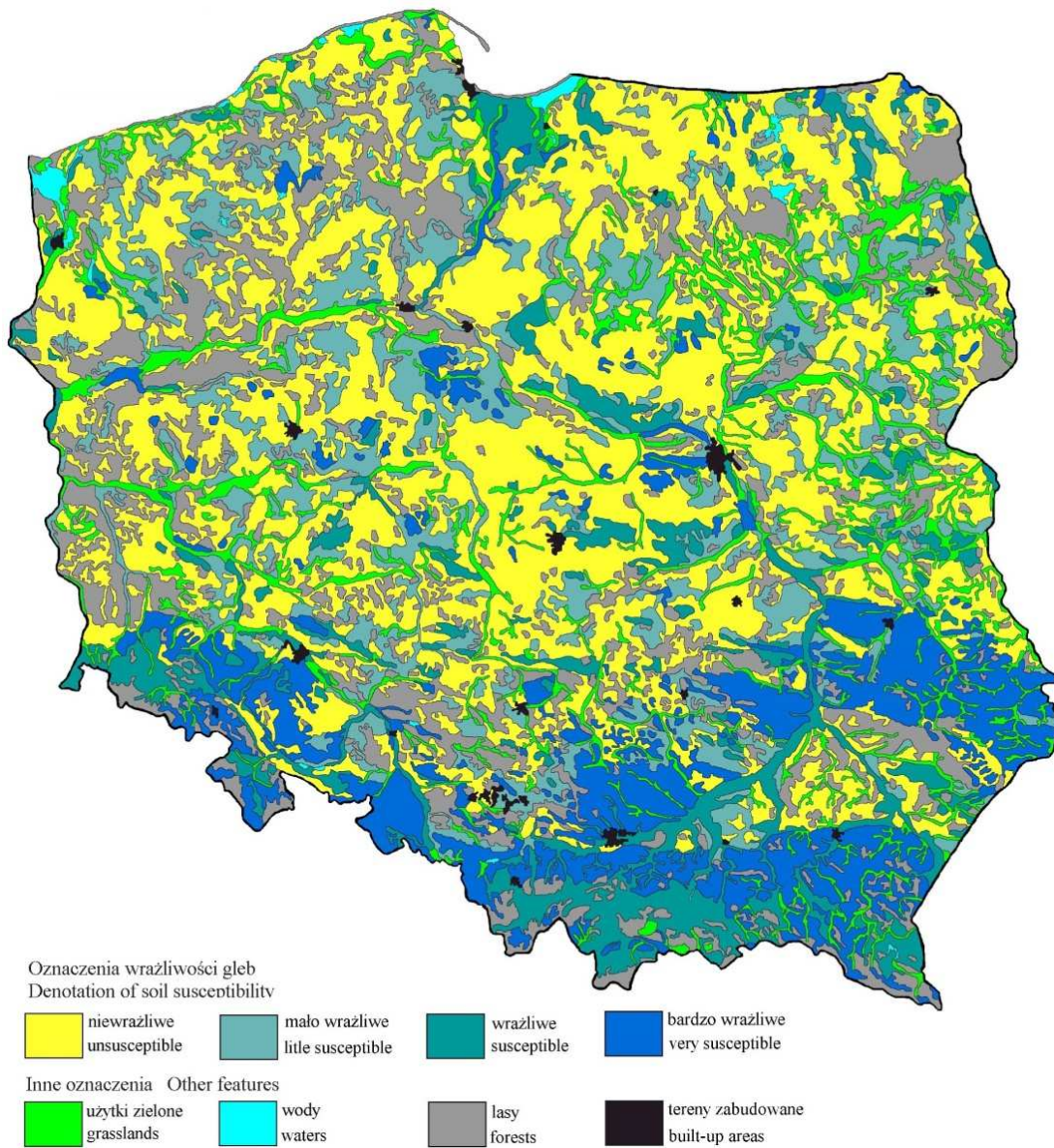
For that purpose the Institute of Agrophysics of Polish Academy of Science (IA PAS) in Lublin and the Institute for Land Reclamation and Grassland Farming (IMUZ) in Falenty have developed the system of research works and presentation of results, which consists of three compatible components:

1. Development of the general idea, collection of research material and geodata preparation,
2. Development of the method of laboratory tests in order to determine parameters required for model calculations, which identify analysed phenomena,

3. *Development of an IT system, which combines unit (attribute) data processing with geodata and generates resulting maps.*

Implementation of works, has been presented using the example of improving the scientific estimation of drainage needs of arable soils in Poland. For that purpose, soil samples were collected for 1000 representative profiles of arable soils. Required analyses of those soil samples were performed, values of parameters were calculated for the needs of unit evaluation of soils. The soil-and-cartographic database was developed together with the digital map of soils and computer software, which aggregates soils according to valorisation models and which generates the final resulting maps.

prof. dr hab. inż. Janusz Ostrowski
j.ostrowski@itep.edu.pl



Rysunek 2. Mapa potencjalnej wrażliwości gleb ornych na hydroksoygeniczną degradację